浙江省普通高校“十三五”新形态教材

网络设备配置实训教程

NETWORK DEVICES

主　编　史振华

ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

浙江省普通高校“十三五”新形态教材

网络设备配置实训教程

主编　史振华

ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

网络设备配置实训教程 / 史振华主编. —杭州：浙江大学出版社，2019.4

ISBN 978-7-308-19036-7

Ⅰ.①网… Ⅱ.①史… Ⅲ.①网络设备—配置—高等学校—教材 Ⅳ.①TP393

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2019）第 052728 号

网络设备配置实训教程

史振华　主编

责任编辑　吴昌雷

责任校对　陈静毅　汪志强

封面设计　北京春天

出版发行　浙江大学出版社

（杭州市天目山路 148 号　邮政编码 310007）

（网址：http://www.zjupress.com）

排　　版　杭州林智广告有限公司

印　　刷　杭州高腾印务有限公司

开　　本　787mm×1092mm　1/16

印　　张　13.5

字　　数　328 千

版 印 次　2019 年 4 月第 1 版　2019 年 4 月第 1 次印刷

书　　号　ISBN 978-7-308-19036-7

定　　价　45.00 元

前　言

随着计算机网络技术的日益普及，网络技术已被人们逐渐认识和重视，培养熟练掌握网络技术的高技术技能人才是当前社会发展的迫切需要。网络设备配置技术是网络系统集成、网络管理与维护过程中常用的核心技术，在计算机网络技术中占据着越来越重要的地位。网络设备配置技术是一门实践性很强的课程，必须在学习理论知识的同时，通过大量的实际操作训练才能掌握技能，取得较好的学习效果。因此，很多高职院校都将网络设备配置技术作为一门重要的专业必修课程。

本书在编写过程中，以强化学生的网络设备配置技能训练为主线，参考国家网络工程师等相关职业资格标准，吸收网络设备配置的最新技术，从实用角度出发精心选择教学内容；以“工作过程系统化”的高职课程开发思路为指导，按照“理论够用、重在实践、由简及繁、循序渐进”的原则，精心组织教学内容；以适合“教、学、做”一体化的教学模式实施为原则，将技术知识和操作步骤融为一体，组成了一系列功能上相对独立、技能上逐次递进的项目化教学模块；通过实训任务引领，把专业技能训练渗透到每一个环节，体现在每一个步骤中，使学生看得懂、学得会、用得上。

本书基于高职院校学生的认知规律特点和能力进阶过程来设计课程的教学内容，按照构建园区网络的任务要求来组织教学内容。全书共分为十二个教学项目：网络设计与 IP 地址规划设计、交换机的基本配置与管理、网络广播风暴的隔离与控制、三层网络设备实现 VLAN 间通信、配置交换机端口聚合链路、静态路由的配置、动态路由的配置、配置访问控制列表实现安全访问、网络设备中网络地址转换功能的配置、PAP 与 CHAP 认证的配置、DHCP 和 DHCP 中继的配置、中小型企业网络构建与调试等。十二个项目内容由易到难、由简到繁、层层递进。学生通过项目的学习和训练，能够达到熟练掌握路由器、交换机的配置技能，能够根据需求组建企事业单位网络。

本书为浙江省“十一五”重点建设教材《网络设备配置实训教程》的改版教

材。本书优化了部门章节内容，调整了部分章节内容，新增“PAP与CHAP认证的配置”和“DHCP和DHCP中继的配置”内容，删除了“交换网络中冗余链路备份与负载均衡的实现”“配置虚拟路由器冗余功能”和“锐捷防火墙的配置”内容。改编后的教材更聚焦于路由器和交换机的配置技能。本书所有的项目已制作成微课视频和PPT，与教材配套的课程“网络设备配置技术”被立项为浙江省在线开放课程，已在浙江省在线开放平台（http://zjedu.moocollege.com）上线，有兴趣的同学可以进行注册学习。

本书中编写的各项目工作任务示例均已在锐捷设备和Packet Tracer模拟器通过了验证。附录中详细介绍了Packet Tracer模拟器的使用。

本书由史振华主编，陈兰生任副主编。其中，项目一由陈兰生编写；项目二和项目三由傅彬编写；项目四由宣凯新编写；项目五由谢森祥编写；项目六由徐伟编写；项目七至项目十二由史振华编写。胡翔洋参与了本书部分实训的测试。全书由史振华统稿，由陈兰生审定。本书在编写的过程中参考了许多相关文献，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，错误和不足之处在所难免，敬请广大读者指正，编者邮箱：shizhenhua@sxvtc.com。

编者

2019年3月

课程介绍

目　录

项目一

园区网络设计与IP地址规划

教学目标

1. 了解园区网络的组成结构；
2. 了解园区网络的表示方法；
3. 了解网络设备选型的方法；
4. 理解IP地址与子网掩码；
5. 掌握IP地址规划的方法；
6. 掌握园区网络拓扑结构设计的方法。

1.1 项目内容

某学校占地500亩，设有教学楼、行政楼、实验楼、图书馆、宿舍楼等建筑，共有学生近万人。为了满足信息现代化建设的需要，学校需要建设一套支持校园实现信息化教育和管理的系统，该系统能提供互联网公共服务、校园教学与行政管理、多媒体教学等多项功能。

为了确保校园网络的关键应用系统能安全、正常运行，校园网络必须满足如下功能要求：

（1）校园网络能够满足教学信息化的要求，为教学提供方便、快捷的信息服务；

（2）在整个校园网络内能够实现网络互通、资源共享；

（3）校园网络具有良好的性能，具有可管理、易操作的特点；

（4）校园网络拥有易于升级维护的特点，以便于未来对网络设备的升级维护；

（5）校园提供网络安全机制，满足校园信息安全的要求，具有较高的安全性，能有效地防止黑客的入侵和病毒的攻击。

为了满足以上这些网络应用功能的要求，校园园区网络主要由各类交换机、路由器、防火墙、服务器、PC机等网络设备和终端设备组成。

本项目的内容是分析校园网络的各种功能需求，科学合理地设计出集团校园网络的总体组成的结构、具体设备选型、服务器的部署，以及IP地址的规划，并以网络拓扑结构图的形式将校园网络总体组成的结构设计表达出来，同时，以表格的方式将网络中IP地址的规划方案设计出来。

1.2 相关知识

园区网络拓扑结构的设计和IP地址规划是网络系统集成工作中的第一项任务，也是进行网络设备配置的原始依据和工作的基础。园区网络拓扑结构的设计和IP地址规划的合理性关系到企业网络运行的稳定性、高效性和安全性，关系到企业网络是否能为企业应用程序和服务提供支持，是否能让用户可以访问企业业务运作所需的各种资源。为此，我们需要先了解网络的层次化拓扑结构及其特点、网络设备选型、IP地址与子网掩码的划分、IP地址规划原则等知识。

1.2.1 网络的层次化拓扑结构设计及其特点

网络层次化拓扑结构设计

为了使网络工作更有效率，便于管理，普遍采用“核心层、汇聚层、接入层”的层次化架构来组建各类高速园区网络系统。在这个系统中，用不同的图标来表示各类网络设备，用直线来表示各种网络设备之间的逻辑连接关系，用这种方法将网络系统表示出来的图被称为“层次化网络拓扑结构图”，图1.1显示了一个层次化网络拓扑结构的示意图。把用物理网络设备搭建起来的实际网络系统用这种抽象的图形要素表达出来的过程称为网络的层次化拓扑结构设计。

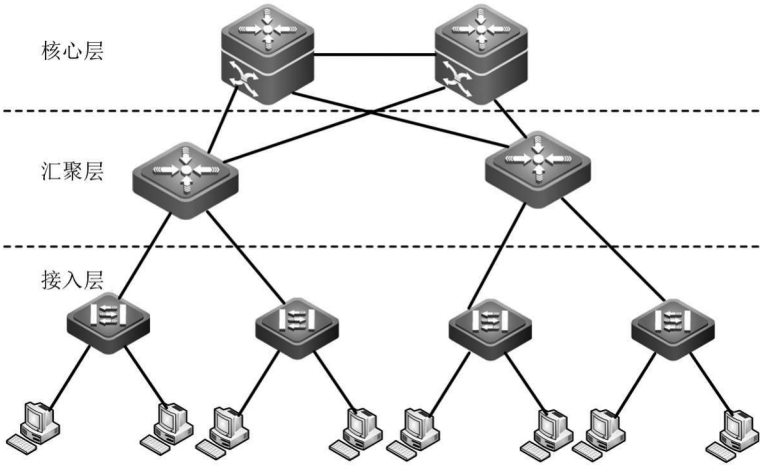

图1.1 层次化网络拓扑结构

在这种层次化的网络系统中，每一层设备都执行特定的功能和应用程序，同时为其他各层提供服务，互相协调工作带来最高的网络性能，这是设计各种规模的企业园区网络，并实施高效管理的首选方法。

网络拓扑结构的层次化设计有以下优点：

(1) 结构简单：将网络分成许多小单元，降低了网络的整体复杂性，使故障排除或扩展更容易，能隔离广播风暴的传播、防止路由循环等潜在问题。

(2) 升级灵活：网络容易升级到最新的技术，升级任意层的网络不会对其他层次造成影响，无须改变整个环境。

（3）易于管理：层次结构降低了设备配置的复杂性，使网络更容易管理。

层次化网络拓扑结构中各层的功能与特点如下：

核心层的功能：主要完成网络中的数据高速转发任务，同时核心设备承担着整个网络的转发任务，因此核心层需要具备高可靠、可冗余、能快速升级等特点，以保证网络数据的高速转发和网络的稳定性。

核心层的特点：可提供冗余。核心层的冗余有两方面。一方面是提供和汇聚层之间的连接线路的冗余；另一方面是核心设备本身的冗余。通常核心层会有多台设备冗余，当一台设备发生故障时，可以及时地切换到另一台核心设备，不会因为核心设备的故障导致全网瘫痪，从而提高网络的稳定性。

汇聚层的功能：可以通过 VLAN 来划分广播域，更重要的是，可以利用三层功能实现接入层中不同网段间的通信，以减轻核心层转发不同网段数据的压力，并且汇聚层可以采用 ACL 等安全技术实现某网段或某几个网段的安全访问策略，即工作组级的安全访问控制。

汇聚层的特点：可提供冗余。汇聚层提供冗余主要是提供和核心层连接的线路冗余，采用的技术主要有 MSTP、VRRP、OSPF 等，从而使得当汇聚层到核心层的一条链路发生故障时能很快地切换到另一条线路上使用，从而保证网络的稳定性。

接入层的功能：提供网络端口使终端用户能够接入网络，并且可以运用 ACL、优先级设定、带宽交换和端口安全等技术来部署接入、优化网络资源，同时建立工作组主机和汇聚层的联系。

接入层的特点：可以实现多用户接入控制，限制用户对网络的访问。划分独立的冲突域隔离用户之间的广播。

1.2.2　网络设备选型


网络设备选型

网络设备的选择与各网络层次需要提供的功能有关。因此，确定了网络的层次结构后，在相应的网络层次选择合适的网络设备显得非常重要。在网络设备选型时要尽量选择设备性能稳定、可靠，产品知名度和性价比高的产品，目前主要选择思科、华为、H3C、锐捷和神州数码的产品。

接入层需要提供二层数据的快速转发，支持多用户的接入，提供和链路层设备连接的高带宽设备，支持访问控制列表、端口安全等安全功能，保证安全接入，支持网络远程管理。可满足这些需要的设备主要是安全二层交换机，以锐捷交换机为例，如 RG-S2600、RG-S2900、RG-S2910 等系列交换机。

汇聚层需要提供不同 IP 网络之间的数据转发，高效的安全策略管理能力，提供高带宽链路，支持提供负载均衡和自动冗余链路，支持远程网络管理等功能。由于需要提供 IP 网络之间的数据转发，因此满足这些需要的是三层交换机，以锐捷交换机为例，如 RG-S3760、RG-S5750、RG-S6100 等系列交换机。

核心层设备需要提供高速数据交换，高稳定性，路由功能，以及提供数据负载均衡和自动冗余链路等功能。以锐捷交换机为例，如 RG-S7800、RG-S8600、RG-S12000、RG-S18000 等系列交换机。

1.2.3 IP 地址与子网掩码


IP 地址与
子网掩码

在网络中，网络硬件设备连接好以后，此时网络还不能投入运行，需要对网络设备进行各种参数的设置，这个工作叫作“网络的软连接”。在设置网络设备参数时，一个必须用到的重要参数就是 IP 地址与子网掩码。下面介绍 IP 地址与子网掩码的概念及其计算方法。

IP 地址由 32 位的二进制数组成，用于在 TCP/IP 通信协议中标记每台计算机的地址。每台联网的 PC 上都需要有 IP 地址才能正常通信。我们可以把“个人电脑”比作“一部电话”，那么“IP 地址”就相当于“电话号码”。通常我们把 IP 地址每 8 位二进制数（即 1 个字节）分为一组，用一个十进制数表示，中间用点隔开，这种表示方法称为点分十进制，如 192.168.1.100。也就是说 IP 地址有两种表示形式：二进制和点分十进制，即 11000000 10101000 00000001 01100100（192.168.1.100）。

由于 1 个字节所能表示的最大十进制数为 255，因此 IP 地址中每个字节可以是 0 至 255 之间的值。但 0 和 255 有特殊含义：255 代表广播地址，0 用于指定网络地址号（若 0 在地址末端）或主机地址（若 0 在地址开始）。例如，192.168.1.0 指网络 192.168.1.0，而 0.0.0.100 指主机地址为 100。

子网掩码同样也以 4 个字节来表示，是 32 位二进制数值，对应于 IP 地址的 32 位二进制数值。在子网掩码中 “1”表示网络号，“0”表示主机号。

子网掩码的作用是用来区分网络上的主机是否在同一网络区段内，或者说，子网掩码用来区分 IP 地址的网络号和主机号。如 IP 地址为 192.168.10.118，子网掩码 255.255.255.0，表示其网络地址为 192.168.10.0，主机地址为 118。

1.2.4 IP 地址分类

IP 地址根据网络 ID 的不同分为 A、B、C、D、E 五类，如图 1.2 所示。

A 类地址：范围为 0～127，0 是保留的并且表示所有 IP 地址，而 127 也是保留的地址，并且是用于环回测试。因此 A 类地址的范围其实是从 1 至 126 之间。如：10.0.0.1，第一个字节为网络号，剩下的三个字节为主机号。转换为二进制来说，一个 A 类 IP 地址由 1 字节

图 1.2　IP 地址分类

的网络地址和 3 字节的主机地址组成，网络地址的最高位必须是“0”，地址范围从 1.0.0.1 到 126.255.255.254。可用的 A 类网络有 126 个，每个网络能容纳 1 亿多个主机(2 的 24 次方的主机数目)，子网掩码为 255.0.0.0。

B 类地址：范围为 128～191，如 172.168.1.1，前 2 个字节为网络号，剩下的 2 个字节为主机号。转换为二进制来说，一个 B 类 IP 地址由 2 个字节的网络地址和 2 个字节的主机地址组成，网络地址的最高位必须是“10”，地址范围从 128.0.0.1 到 191.255.255.254。可用的 B 类网络有 16382 个，每个网络能容纳 6 万多个主机，子网掩码为 255.255.0.0。

C 类地址：范围为 192～223，如 192.168.1.1，前 3 个字节为网络号，剩下的最后 1 个字节为主机号。转换为二进制来说，一个 C 类 IP 地址由 3 字节的网络地址和 1 字节的主机地址组成，网络地址的最高位必须是“110”。范围从 192.0.0.1 到 223.255.255.254。C 类网络可达 209 万余个，每个网络能容纳 254 个主机，子网掩码为 255.255.255.0。

D 类地址：范围为 224～239，D 类 IP 地址第一个字节以“1110”开始，它是一个专门保留的地址。它并不指向特定的网络，目前这一类地址被用在多点广播(multicast)中。多点广播地址用来一次寻址一组计算机，它标识共享同一协议的一组计算机。

E 类地址：范围为 240～255，以“11110”开始，保留为将来使用。

国际规定有一部分 IP 地址是专门留给局域网使用的，称为私网 IP，这些 IP 地址不能在公网中使用的。私网 IP 的范围是：

- 10.0.0.0～10.255.255.255
- 172.16.0.0～172.31.255.255
- 192.168.0.0～192.168.255.255

IP 地址中还有一些特殊的 IP 地址，比如全零地址(0.0.0.0)表示任意的 IP 地址。全 1 地址(255.255.255.255)表示全网广播。

1.2.5　子网掩码划分网络的方法


子网掩码划分网络的方法

用子网掩码划分网络的原因是在早期设计 Internet 时工程师没有考虑到网络技术发展得如此迅猛，认为 32 位的 IP 地址是足够用的，因为 32 位 IP 地址大概有 43 亿个 IP 地址，但是随着连入 Internet 的设备越来越多，现在 IP 地址不够用了。分配给大公司一般是 A 类、B 类的网段，IP 地址众多，如果不进行合理的规划将会浪费大量的 IP 地址。

划分子网的目的是为了提高 IP 地址的使用效率。采用借位的方式，从主机位最高位开始借位变为新的子网位，所剩余的部分则仍为主机位。这使得 IP 地址的结构分为三级地址结构：网络位、子网位和主机位。

划分子网掩码前，IP 地址为“网络号、主机号”的二级结构。

划分子网掩码后，IP 地址为“网络号、子网号、主机号”的三级结构。

子网掩码划分网络首先要确定划分的子网数量或者主机数量。其次是利用 $2^n>=x$（n 为子网位数，x 为子网数量）或 $2^n-2>=x$（n 为主机位数，x 为主机数量）公式求出子网位数或者主机位数。最后算出子网掩码和每个子网能够容纳的主机数量。

【例 1-1】 有一个 C 类网段 192.168.20.0，要划分 7 个子网，每个子网要求容纳尽可能多。请问子网掩码是多少？每个子网能容纳多少台主机？

解析：确定要划分七个子网，利用公式 $2^n>=7$，求出 $n>=3$，每个子网要求容纳尽可能多，则取 $n=3$，意味着子网位为 3。因为是 C 类网段，主机位为 8，则新的主机位为 8－3＝5 位。子网掩码为 1111111.11111111.11111111.11100000＝255.255.255.224。主机位为 5，则每个子网能够容纳 $2^5-2>=30$ 台主机。减去 2 个是因为主机位为全 0 和全 1 的不能用，全 0 代表网段，全 1 代表广播。

【例 1-2】 有一个 C 类网段 192.168.30.0 需要划分子网，每个子网至少容纳 12 台主机。请问最多可以划分多少个子网？子网掩码是多少？

解析：利用公式 $2^n-2>=12$（注意算主机位要减去全 0 和全 1），求出 $n>=4$，要求划分子网尽可能地多则取 $n=4$，意味着主机位为 4。因为是 C 类网段，主机位为 8，则子网位为 8－4＝4 位。子网掩码为 1111111.11111111.11111111.11110000＝255.255.255.240。子网位为 5，则每个子网能够容纳 $2^4=16$ 个子网。

1.2.6 子网掩码划分网络示例

子网掩码划分网络示例

若某公司有 5 个部门 A 至 E，其中 A 部门有 10 台计算机，B 部门有 20 台计算机，C 部门有 30 台计算机，D 部门有 15 台计算机，E 部门有 25 台计算机。请使用 192.168.10.0/24 为各部门划分单独的网段。

解析：192.168.10.0/24 是一个 C 类网段，“/24”表示子网掩码中 1 的个数是 24 个，也就是 255.255.255.0。要划分子网，必须制定每一个子网的掩码规划，也就是要确定每一个子网能容纳的最多的主机数。显然，要以拥有主机数量最多的部门为准。

本例中 C 部门拥有的主机数量最多，为 30 台，使用公式 $2^n-2>=30$，得出 $n=5$，即主机位数为 5，子网位数为 8－5＝3。所以子网掩码为 11111111.11111111.11111111.11100000，转换成十进制数为 255.255.255.224。

在确定了掩码后，就要确定每一个子网的具体地址段。

（1）确定子网号。子网号的位数为 3，3 位子网号共有 8 种组合（000、001、010、011、100、101、110、111）可以使用。

因此，我们可以为 A 部门分配的网络号为 192.168.10.0/27，为 B 部门分配的网络号为 192.168.10.32/27，为 C 部门分配的网络号为 192.168.10.64/27，为 D 部门分配的网络号为 192.168.10.96/27，为 E 部门分配的网络号为 192.168.10.128/27。

网段 192.168.10.160/27、192.168.10.192/27、192.168.10.224/27 保留为以后使用。

（2）确定子网地址范围。注意主机号全 0 和全 1 不能使用，主机号全 0 代表网络号，主机号全 1 代表广播。

A 部门主机地址范围为：

192.168.10.00000001～192.168.10.00011110，即 192.168.10.1～192.168.10.30，子网掩

码为 255.255.255.224，网段共有 30 个地址，可以满足 A 部门 10 台主机的需要。

B 部门主机地址范围为：

192.168.10.00100001～192.168.10.00111110，即 192.168.10.33～192.168.10.62，子网掩码为 255.255.255.224，网段共有 30 个地址，可以满足 B 部门 20 台主机的需要。

C 部门主机地址范围为：

192.168.10.01000001～192.168.10.01011110，即 192.168.10.65～192.168.10.94，子网掩码为 255.255.255.224，网段共有 30 个地址，可以满足 C 部门 30 台主机的需要。

D 部门主机地址范围为：

192.168.10.01100001～192.168.10.01111110，即 192.168.10.97～192.168.10.124，子网掩码为 255.255.255.224，网段共有 30 个地址，可以满足 D 部门 15 台主机的需要。

E 部门主机地址范围为：

192.168.10.10000001～192.168.10.10011110，即 192.168.10.129～192.168.10.158，子网掩码为 255.255.255.224，网段共有 30 个地址，可以满足 E 部门 25 台主机的需要。

192.168.10.160/27～192.168.10.254/27 网段可以作为公司今后使用。

1.2.7　IP 地址规划原则

随着公网 IP 地址日趋紧张，中小企业往往只能得到一个或几个公网 C 类 IP 地址。因此，在企业内部网络中，只能使用私有 IP 地址段。在选择私有 IP 地址时，应当注意以下几点：

(1) 为每个网段都分配一个 C 类 IP 地址段，建议使用 192.168.2.0～192.168.254.0 段 IP 地址。由于某些网络设备(如宽带路由器或无线路由器)或应用程序(如 DHCP)拥有自动分配 IP 地址功能，而且默认的 IP 地址池往往位于 192.168.0.0 和 192.168.1.0 段，所以在采用该 IP 地址段时，往往容易导致 IP 地址冲突或其他故障。因此，应当尽量避免使用上述两个 C 类地址段。

(2) 可采用 C 类地址的子网掩码，如果有必要，可以采用可变长子网掩码。通常情况下，不要采用过大的子网掩码，每个网段的计算机数量都不要超过 250 台计算机。同一网段的计算机数量越多，广播包的数量越大，有效带宽就损失得越多，网络传输效率也越低。

(3) 即使选用 10.0.0.1～10.255.255.254 或 172.16.0.1～172.31.255.254 段 IP 地址，也建议采用 255.255.255.0 作为子网掩码，以获取更多的 IP 网段，并使每个子网中所容纳的计算机数量都较少。

(4) 为网络设备的管理 VLAN 分配一个独立的 IP 地址段，以避免发生与网络设备管理 IP 的地址冲突，从而影响远程管理的实现。基于同样的原因，也要将所有的服务器划分至一个独立的网段。

1.3　工作任务示例

园区网络设计工作任务示例

某集团公司占地 200 亩，设有经理部、行政部、财务部、人事部、业务部、生产部

等部门。集团总部共有员工1000多人。为了加快信息化建设，集团公司需要建设一个能支持集团办公自动化、电子商务、业务综合管理、多媒体视频会议、远程通信、信息发布及查询等核心业务应用，能将集团的各种办公室、多媒体会议室、PC终端设备、应用系统通过网络连接起来，实现内、外沟通的现代化企业园区网络系统，作为支持办公自动化、供应链管理、ERP以及各应用系统运行的基础设施。这个网络覆盖的工作区域与信息端口分布如表1.1所示。

表1.1　信息点分布

部门名称	信息点个数	备注
经理部	20	需保证速度、流量和可靠性
行政部	150	需保证速度、流量和可靠性
财务部	100	需保证速度、流量和安全性
人事部	30	需保证速度和可靠性
业务部	200	需保证速度和可靠性
生产部	200	需保证速度和可靠性
职工宿舍	800	需保证速度和流量
总 计	1500	

为了确保公司的关键应用系统能安全、正常地运行，企业园区网络必须满足如下功能要求：

(1) 公司网络能够满足集团信息化的要求，为各类应用系统提供方便、快捷的信息通路；

(2) 在整个公司网络内实现所有部门的办公自动化，提高工作效率和管理服务水平；

(3) 在整个公司内实现资源共享、产品信息共享、实时新闻发布；

(4) 公司网络具有良好的性能，能够支持大容量和实时性的各类应用；

(5) 公司网络能够可靠运行，具有较低的故障率和维护要求；

(6) 公司提供网络安全机制，满足集团信息安全的要求，具有较高的性价比，未来升级扩展容易，保护用户投资。

任务目标

1. 根据集团需求设计出公司网络拓扑结构图。

2. 做出与公司网络拓扑结构图相对应的IP地址规划。

具体实施步骤

步骤1　设计集团公司网络拓扑结构。

我们按照层次结构模型来设计集团公司网络拓扑结构，即“核心层、汇聚层和接入层”。采用层次模型之后，各层次各司其职，不再在同一个平台上考虑所有的事情。层次模型模块化的特性使网络中的每一层都能够很好地利用带宽，减少了对系统资源的浪费。层次化设